

3/5/1 (Item 1 from file: 351)
DIALOG(R) File 351:Derwent WPI
(c) 2004 Thomson Derwent. All rts. reserv.

013984550 **Image available**
WPI Acc No: 2001-468764/ 200151
XRPX Acc No: N01-347751

Electrical eddy current type displacement meter, stores correction
parameter calculated by detecting impedance of coil in sensor head and
eddy current of target, when placing target at known distance
Patent Assignee: KEYENCE CO LTD (KEYE-N)
Number of Countries: 001 Number of Patents: 001
Patent Family:
Patent No Kind Date Applicat No Kind Date Week
JP 2001165603 A 20010622 JP 99352470 A 19991210 200151 B

Priority Applications (No Type Date): JP 99352470 A 19991210
Patent Details:
Patent No Kind Lan Pg Main IPC Filing Notes
JP 2001165603 A 9 G01B-007/00

Abstract (Basic): JP 2001165603 A

NOVELTY - A memory stores correction parameter for target distance
measurement, which is calculated by detecting impedance of coil in
sensor head and eddy current induced in target, when placing the target
at known distance. The correction parameter is used for correcting the
table storing relation between impedance of coil and eddy current with
distance of target.

DETAILED DESCRIPTION - An INDEPENDENT CLAIM is also included for
target distance measurement procedure.

USE - For measuring distance between sensor head and target object.

ADVANTAGE - Need for using several conversion tables is avoided and
hence distance measurement is performed at high accuracy with simple
correction parameter.

DESCRIPTION OF DRAWING(S) - The figure shows the block diagram of
components of electrical eddy current type displacement meter. (Drawing
includes non-English language text).

pp; 9 DwgNo 1/9

Title Terms: ELECTRIC; EDDY; CURRENT; TYPE; DISPLACEMENT; METER; STORAGE;
CORRECT; PARAMETER; CALCULATE; DETECT; IMPEDANCE; COIL; SENSE; HEAD; EDDY
; CURRENT; TARGET; PLACE; TARGET; DISTANCE
Derwent Class: S02
International Patent Class (Main): G01B-007/00
International Patent Class (Additional): G01B-007/14; G01D-005/20
File Segment: EPI

3/5/2 (Item 1 from file: 347)
DIALOG(R) File 347:JAPIO
(c) 2004 JPO & JAPIO. All rts. reserv.

06938058 **Image available**
EDDY CURRENT DISPLACEMENT GAUGE AND DISTANCE MEASURING METHOD USING IT

PUB. NO.: 2001-165603 A]
PUBLISHED: June 22, 2001 (20010622)
INVENTOR(s): FUJII KENTARO
APPLICANT(s): KEYENCE CORP
APPL. NO.: 11-352470 [JP 99352470]
FILED: December 10, 1999 (19991210)
INTL CLASS: G01B-007/00; G01B-007/14; G01D-005/20

ABSTRACT

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide an eddy current displacement gauge and distance measuring method using it capable of performing a precise distance measurement by a relatively easy correction without requiring the storage of a number of transformation tables.

SOLUTION: This eddy current displacement gauge 10 comprises a memory 16 for storing a primary measurement quantity in the state where the coil of a sensor head 11 does not have the effect of metal as a correction parameter. The memory 16 further stores an original table for regulating the reference relation between primary measurement quantity and distance, and a microprocessor 15 generates a transformation table by correcting the original table by use of a plurality of primary measurement values in a plurality of known distances and the correction parameter, whereby the transformation table is formed.

COPYRIGHT: (C)2001,JPO

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号
特開2001-165603
(P2001-165603A)

(43) 公開日 平成13年6月22日 (2001.6.22)

(51) Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テーマコード* (参考)
G 0 1 B 7/00		G 0 1 B 7/00	E 2 F 0 6 3
	7/14		Z 2 F 0 7 7
G 0 1 D 5/20		G 0 1 D 5/20	K

審査請求 未請求 請求項の数 6 O L (全 9 頁)

(21) 出願番号 特願平11-352470

(22) 出願日 平成11年12月10日 (1999.12.10)

(71) 出願人 000129253

株式会社キーエンス

大阪府大阪市東淀川区東中島1丁目3番14号

(72) 発明者 藤井 賢太郎

大阪府大阪市東淀川区東中島1-3-14

株式会社キーエンス内

(74) 代理人 100106127

弁理士 松本 直己

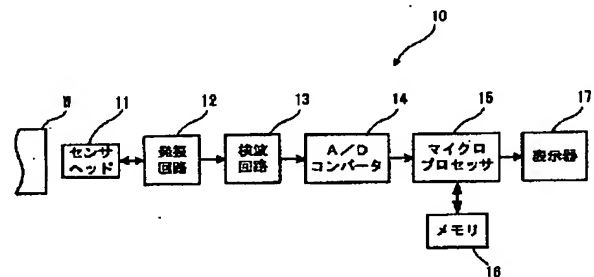
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 渦電流式変位計とそれを用いた距離測定方法

(57) 【要約】

【課題】 多数の変換テーブルを記憶しておく必要がなく、しかも比較的簡単な補正によって高い精度の距離測定を行うことができる渦電流式変位計とそれを用いた距離測定方法を提供する。

【解決手段】 渦電流式変位計10は、センサヘッド11のコイルが金属の影響を受けない状態にあるときの一次測定量を補正パラメータとして記憶するメモリ16を備えている。メモリ16は更に一次測定量と距離との基準の関係を規定する元テーブルを記憶し、マイクロプロセッサ15は、複数の既知の距離において検出した複数の一次測定量と上記の補正パラメータとを用いて元テーブルを補正することにより、変換テーブルを生成する。



【特許請求の範囲】

【請求項1】交流電流で励磁されたコイルを含むセンサヘッドを金属製の対象物に近づけたときに、対象物に生ずる渦電流の影響によって変化する前記コイルのインピーダンスに関係する一次測定量を検出し、該一次測定量を変換することによってセンサヘッドと対象物との距離を求める渦電流式変位計であって、前記センサヘッドのコイルが金属の影響を受けない状態にあるときの前記一次測定量を補正パラメータとして記憶する第1の記憶手段を備えていることを特徴とする渦電流式変位計。

【請求項2】前記一次測定量と前記距離との基準の関係を規定する元テーブルを記憶する第2の記憶手段と、複数の既知の距離において検出した複数の一次測定量と前記第1の記憶手段に記憶された補正パラメータとに基づいて前記元テーブルを補正することにより、前記一次測定量から前記距離への変換に用いる変換テーブルを生成する変換テーブル生成手段とを備えている請求項1記載の渦電流式変位計。

【請求項3】金属製の対象物の種類毎に1つの前記元テーブルが備えられている請求項2記載の渦電流式変位計。

【請求項4】交流電流で励磁されたコイルを含むセンサヘッドを金属製の対象物に近づけたときに、対象物に生ずる渦電流の影響によって変化する前記コイルのインピーダンスに関係する一次測定量を検出し、該一次測定量を変換することによってセンサヘッドと対象物との距離を求める距離測定方法であって、前記一次測定量と前記距離との基準の関係を規定する元テーブルを記憶するステップと、前記センサヘッドのコイルが金属の影響を受けない開放状態での前記一次測定量を補正パラメータとして記憶するステップと、複数の既知の距離において検出した複数の一次測定量と前記補正パラメータとに基づいて前記元テーブルを補正することにより、前記一次測定量から前記距離への変換に用いる変換テーブルを生成するステップとを備えていることを特徴とする渦電流式変位計を用いた距離測定方法。

【請求項5】代表的なセンサヘッドを用いて測定した前記一次測定量と前記距離との関係曲線を前記開放状態での一次測定量で正規化した関係曲線を規定するテーブルを前記元テーブルとしてあらかじめ記憶しておき、測定に使用する渦電流式変位計に備えられたセンサヘッドを用いて、前記開放状態での前記一次測定量を測定し補正パラメータとして記憶すると共に、測定範囲内の最小距離、最大距離及び中間距離における一次測定量を測定し、前記最小距離、最大距離及び中間距離における一次測定量を前記補正パラメータで正規化した最小測定量、最大

測定量及び中間測定量を算出し、

前記元テーブルで規定される関係曲線上の前記最小測定量に対応する距離が前記最小距離となるように一定の補正量を前記元テーブルの各配列要素の距離データに加えると共に、前記関係曲線上の前記最大測定量に対応する距離が前記最大距離になるように比例配分で求めた補正量を前記各配列要素の距離データに加える補正を行い、前記補正によって得られた曲線から求めた前記中間測定量に相当する距離と前記元テーブルで規定される関係曲線から求めた前記中間測定量に相当する距離との差を最大誤差として求め、

前記中間測定量から離れて前記最小測定量又は前記最大測定量に近づくにつれて前記最大誤差からゼロへ段階的に減少する補正量を前記元テーブルの各配列要素の距離データに加えることにより、前記変換テーブルを生成する請求項4記載の距離測定方法。

【請求項6】交流電流で励磁されたコイルを含むセンサヘッドを金属製の対象物に近づけたときに、対象物に生ずる渦電流の影響によって変化する前記コイルのインピーダンスに関係する一次測定量を検出し、該一次測定量を変換テーブルを用いて変換することによってセンサヘッドと対象物との距離を求める渦電流式変位計の距離測定方法であって、

基準のセンサヘッドを用いて測定した一次測定量と距離データとの関係曲線を前記基準のセンサヘッドのコイルが金属の影響を受けない開放状態での一次測定量で正規化した関係曲線を元テーブルとして予め記憶するステップと、

測定に使用する渦電流式変位計に備えられた測定用センサヘッドを用いて、前記測定に使用するセンサヘッドのコイルが金属の影響を受けない開放状態での前記一次測定量を測定しかつその値を補正パラメータとして記憶すると共に、該測定に使用するセンサヘッドの測定可能な範囲内の最小距離、最大距離、および中間距離における一次測定量を前記補正パラメータで正規化した最小測定量、最大測定量、および中間測定量を算出するステップと、

前記元テーブルの関係曲線上の前記最小測定量に対応する距離データを前記測定用センサヘッドの最小距離に置き換えて最小距離座標を決め、前記関係曲線上の前記最大測定量に対応する距離データを前記測定用センサヘッドの最大距離に置き換えて最大距離座標を決めるステップと、

前記元テーブルの関係曲線上の前記中間測定量に対応する距離データが示す中間距離座標を決定し、前記中間距離座標と、前記最小距離座標と最大距離座標の中間距離点との距離方向の差を求めるステップと、

前記中間距離座標から離れて前記最小距離座標または前記最大距離座標に近づくにつれて前記差からゼロへ段階的に減少する補正量を前記元テーブルの距離データに加

え前記変換テーブルを生成するステップを有する渦電流式変位計の距離測定方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、交流電流で励磁されたコイルを含むセンサヘッドを金属製の対象物に近づけたときに、対象物に生ずる渦電流の影響によって変化するコイルのインピーダンスに関する一次測定量（例えば電圧）を検出し、この一次測定量を変換することによってセンサヘッドと対象物との距離を求める渦電流式変位計とそれを用いた距離測定方法に関する。

【0002】

【従来の技術】このような渦電流式変位計のセンサヘッドの断面を図7に示す。このセンサヘッド70は、少なくとも先端面71aが樹脂等の非金属で形成されたケーシング71内に、銅線をボビンに巻回したコイル72とコア73を装着して構成されている。コイル72の巻線両端部は、ケーブル74によって引き出されている。

【0003】上記のようなセンサヘッド70のコイル72を交流電流（通常は高周波電流）で励磁した状態でセンサヘッド70の先端面71aを金属製の対象物（ワークということもある）Wに近づけると、コイル72が発生する磁束によって対象物Wの表面に渦電流が生ずる。この渦電流はコイル72が発生する磁束の変化を妨げる方向に生ずる（レンツの法則）。つまり、対象物Wの表面に生ずる渦電流の影響によってコイル72のインピーダンスが等価的に変化し、その変化量はコイル72を含むセンサヘッド70が対象物Wに近づくほど大きくなる。

【0004】したがって、センサヘッド70の先端面71aを金属製の対象物Wに近づけたときのコイル72のインピーダンス変化を検出すれば、センサヘッド70の先端面71aと金属製の対象物Wとの距離が相対的に分かることになる。コイル72のインピーダンス変化を検出する方法として、例えば、コイル72を含む発振回路を形成し、この発振回路から得られる共振電圧を測定する方法がある。この発振回路と共振電圧の測定回路（検波回路、A/Dコンバータ、処理装置等）は、ケーブル74を介してセンサヘッド70に接続される渦電流式変位計の本体部75に備えられる。

【0005】対象物Wの表面に生ずる渦電流は、対象物Wの電気抵抗による渦電流損を発生するが、これは等価的にコイル72の実効抵抗を増加させ、Qを低下させることになる。その結果、共振電圧が低下する。そして、共振電圧の低下は、センサヘッド70のコイル72が金属製の対象物Wに近づくほど大きくなる。したがって、センサヘッド70の先端面71aと対象物Wとの距離（以下、単に距離という）を横軸にとり、共振電圧（以下、単に電圧という）を縦軸にとって両者の関係を示す曲線（以下、関係曲線という）を描くと、例えば図8に

示すようなグラフが得られる。但し、図8のグラフにおいて、横軸の距離は最大測定距離（フルスケールFS）で割って正規化した値（0～1）である。また、図8は測定範囲で切り取った関係曲線を示している。

【0006】図8に示すような距離と電圧との関係曲線は、金属製の対象物Wの種類、センサヘッド70のばらつき等の要因によって変化する。また、関係曲線というときは、関係が直線になるとき（一次の関係）をも含むが、実際にはほとんどの場合曲線で表される関係となり、これを直線で近似することは測定精度が悪くなるのでむずかしい。

【0007】このため、渦電流式変位計を用いた距離測定に先立って、対象物とセンサヘッド70との距離を変化させながら得られる電圧を測定し、距離と電圧との関係曲線を作成する作業（校正）が必要となる。例えば、センサヘッド70と共に移動する可動ステージや隙間ゲージを用いて一定のピッチで距離を変化させ、それぞれの距離における電圧を測定し、距離と電圧との座標をプロットしていく。各測定ポイント間を直線で結ぶと、折れ線で近似した関係曲線が得られることになる。この各測定ポイントにおける距離と電圧のデータは、電圧から距離への変換テーブルを構成する配列要素として渦電流式変位計の本体部75に記憶される。

【0008】上記のような校正作業は非常に手間のかかる作業である。また、各測定ポイント間の直線近似による誤差を小さくするには、測定ポイントのピッチを細かくする必要があり、ますます校正作業に要する手間が多くなる。このような校正作業を自動的に行う装置も考案されているが、非常に複雑で高価な装置である。

【0009】使用者が手間を掛けずに、かつ、高価な装置を必要とせずに、距離と電圧との関係曲線、つまり変換テーブルを求める方法として、次のような方法が提案されている。

【0010】この方法では、渦電流式変位計を用いた距離測定距離測定のたびに上記のような校正を行う代わりに、対象物の種類、センサヘッドのばらつき等に応じて想定される複数の関係曲線をあらかじめ生成し、それらに対応する複数のテーブルを渦電流式変位計の本体部75に記憶しておく。使用者は、測定に先立って、測定範囲内の最小距離（密着状態）、最大距離（フルスケール）及び中間距離（ハーフスケール）における各電圧を測定する。渦電流式変位計の本体部75に備えられた処理装置は、複数の関係曲線の中から、最小距離、最大距離及び中間距離とそれぞれの測定電圧とで規定される3つの座標の最も近くを通る関係曲線を選択する。この選択された関係曲線を規定するテーブルが、実際の測定で使用される変換テーブルとなる。この方法によれば、使用者は、測定に先立って、測定範囲内の最小距離、最大距離及び中間距離の3つの測定ポイントにおいて電圧を測定するだけでよい。

【0011】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、上記のように3つの測定ポイントにおいて電圧を測定し（以下、3点測定法という）、得られた測定電圧に基づいて、あらかじめ記憶されている複数の関係曲線のうちから最適のものを選択する方法は、次のような欠点を有している。

【0012】つまり、3つの測定ポイントにおいて得られた測定電圧は、対象物（金属）の種類の違いによる変動だけでなく、センサヘッドの特性ばらつきによる変動をも含んでいる。したがって、対象物とセンサヘッドとの組合せによっては、対象物の種類の違いによる変動分とセンサヘッドの特性ばらつきによる変動分とが相殺される場合がある。すなわち、図9に示すように、異なる2つの関係曲線91及び92が、3つの測定ポイントA、B、Cで同じ電圧となる場合があり得る。このような場合は、3つの測定ポイントにおいて得られた電圧から一義的に関係曲線を定めることができないはずであり、上記のようにして選択された特性曲線（変換テーブル）は不適切である可能性がある。

【0013】また、あらかじめ記憶する複数の関係曲線（変換テーブル）は、想定される対象物の種類及びセンサヘッドのばらつきの組合せを考慮して、できるだけ多くの種類を含むことが望ましい。このため、多数の関係曲線（変換テーブル）を記憶しておくための大きなメモリ容量が必要となり、装置のコスト低減にとって支障となる。

【0014】本発明は、上記のような従来の問題点を鑑み、多数の関係曲線（変換テーブル）を記憶しておく必要がなく、しかも比較的簡単な補正によって高い精度の距離測定を行うことができる渦電流式変位計とそれを用いた距離測定方法を提供することを目的とする。

【0015】

【課題を解決するための手段】本発明による渦電流式変位計は、交流電流で励磁されたコイルを含むセンサヘッドを金属製の対象物に近づけたときに、対象物に生ずる渦電流の影響によって変化するコイルのインピーダンスに関係する一次測定量（例えば電圧）を検出し、この一次測定量を変換することによってセンサヘッドと対象物との距離を求める渦電流式変位計であって、センサヘッドのコイルが金属の影響を受けない状態にあるときの一次測定量を補正パラメータとして記憶する第1の記憶手段を備えていることを特徴とする。

【0016】上記のような構成によれば、センサヘッドのコイルが金属の影響を受けない状態にあるときの一次測定量である補正パラメータを用いて、センサヘッドの特性ばらつきによる変動要因を対象物の種類による変動要因から分離して変換テーブルを生成することが可能となる。この変換テーブルは、従来の3点測定法で得られた測定電圧と補正パラメータとに基づいて、コンピュー

タ等の他の機器を利用して生成することも可能であるが、つぎのように、渦電流式変位計がその生成機能を備えていることが好ましい。

【0017】つまり、渦電流式変位計は更に、一次測定量と距離との基準の関係を規定する元テーブルを記憶する第2の記憶手段と、複数の既知の距離において検出した複数の一次測定量と第1の記憶手段に記憶された補正パラメータとに基づいて元テーブルを補正することにより、一次測定量から距離への変換に用いる変換テーブルを生成する変換テーブル生成手段とを備えていることが好ましい。なお、補正パラメータを記憶する第1の記憶手段と元テーブルを記憶する第2の記憶手段とは同じ記憶装置（メモリ）内に設けてもよい。

【0018】上記のような構成によれば、センサヘッドのコイルが金属の影響を受けない状態にあるときの一次測定量である補正パラメータを用いて元テーブルを補正することにより、センサヘッドの特性ばらつきによる変動要因を対象物の種類による変動要因から分離して変換テーブルを生成することができる。少なくとも同じ対象物であれば、センサヘッドが異なっても同じ元テーブルから変換テーブルを生成することができる。したがって、あらかじめ測定した結果にしたがって記憶しておく元テーブル（関係曲線）は少なくとも同じ種類の金属対象物については1つでよく、従来のように多数の変換テーブルを記憶しておく必要はない。

【0019】また、本発明による距離測定方法は、交流電流で励磁されたコイルを含むセンサヘッドを金属製の対象物に近づけたときに、対象物に生ずる渦電流の影響によって変化するコイルのインピーダンスに関係する一次測定量を検出し、この一次測定量を変換することによってセンサヘッドと対象物との距離を求める距離測定方法であって、一次測定量と距離との基準の関係を規定する元テーブルを記憶するステップと、センサヘッドのコイルが金属の影響を受けない開放状態での一次測定量を補正パラメータとして記憶するステップと、複数の既知の距離において検出した複数の一次測定量と補正パラメータとに基づいて元テーブルを補正することにより、一次測定量から距離への変換に用いる変換テーブルを生成するステップとを備えていることを特徴とする。

【0020】本発明による距離測定方法の更に具体的な構成例では、代表的なセンサヘッドを用いて測定した一次測定量と距離との関係曲線を開放状態での一次測定量で正規化した関係曲線を規定するテーブルを元テーブルとしてあらかじめ記憶しておき、測定に使用する渦電流式変位計に備えられたセンサヘッドを用いて、開放状態での一次測定量を測定し補正パラメータとして記憶すると共に、測定範囲内の最小距離、最大距離及び中間距離における一次測定量を測定し、最小距離、最大距離及び中間距離における一次測定量を補正パラメータで正規化した最小測定量、最大測定量及び中間測定量を算出し、

元テーブルで規定される関係曲線上の最小測定量に対応する距離が最小距離となるように一定の補正量を元テーブルの各配列要素の距離データに加えると共に、関係曲線上の最大測定量に対応する距離が最大距離になるように比例配分で求めた補正量を各配列要素の距離データに加える補正を行い、補正によって得られた曲線から求めた中間測定量に相当する距離と元テーブルで規定される関係曲線から求めた中間測定量に相当する距離との差を最大誤差として求め、中間測定量から離れて最小測定量又は最大測定量に近づくにつれて最大誤差からゼロへ段階的に減少する補正量を元テーブルの各配列要素の距離データに加えることにより、変換テーブルを生成する。

【0021】また、本発明による渦電流式変位計の距離測定方法は、交流電流で励磁されたコイルを含むセンサヘッドを金属製の対象物に近づけたときに、対象物に生ずる渦電流の影響によって変化する前記コイルのインピーダンスに関係する一次測定量を検出し、該一次測定量を変換テーブルを用いて変換することによってセンサヘッドと対象物との距離を求める方法であって、基準のセンサヘッドを用いて測定した一次測定量と距離データとの関係曲線を前記基準のセンサヘッドのコイルが金属の影響を受けない開放状態での一次測定量で正規化した関係曲線を元テーブルとして予め記憶するステップと、測定に使用する渦電流式変位計に備えられた測定用センサヘッドを用いて、前記測定に使用するセンサヘッドのコイルが金属の影響を受けない開放状態での前記一次測定量を測定しかつその値を補正パラメータとして記憶すると共に、該測定に使用するセンサヘッドの測定可能な範囲内の最小距離、最大距離、および中間距離における一次測定量を前記補正パラメータで正規化した最小測定量、最大測定量、および中間測定量を算出するステップと、前記元テーブルの関係曲線上の前記最小測定量に対応する距離データを前記測定用センサヘッドの最小距離に置き換えて最小距離座標を決め、前記関係曲線上の前記最大測定量に対応する距離データを前記測定用センサヘッドの最大距離に置き換えて最大距離座標を決めるステップと、前記元テーブルの関係曲線上の前記中間測定量に対応する距離データが示す中間距離座標を決定し、前記中間距離座標と、前記最小距離座標と最大距離座標の中間距離点との距離方向の差を求めるステップと、前記中間距離座標から離れて前記最小距離座標または前記最大距離座標に近づくにつれて前記差からゼロへ段階的に減少する補正量を前記元テーブルの距離データに加え前記変換テーブルを生成するステップを有する。

【0022】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施形態を図面に基づいて説明する。

【0023】図1は、本発明の実施形態に係る渦電流式変位計の構成を示すブロック図である。図1において、渦電流式変位計10は、金属である測定対象物（ワー

ク）Wに対向するように配置されたセンサヘッド11、これに高周波電流を供給する発振回路12、共振電圧を測定するための検波回路13及びA/Dコンバータ14、得られた測定電圧データから距離を求める演算を実行するマイクロプロセッサ15、その演算に使用されるテーブル等を記憶する記憶手段（メモリ）16、及び、マイクロプロセッサから出力される距離データを表示する表示器17を備えている。

【0024】従来の技術で詳しく説明したように、センサヘッド11はコイルを内蔵し、発振回路12から供給される高周波電流によってコイルが励磁される。厳密に言えば、センサヘッド11のコイルを含めて自励式の発振回路が形成されている。センサヘッド11とワークWとの距離に応じてセンサヘッド11のコイルのインピーダンス（すなわちQ）が変化すると、発振回路から得られる共振電圧が変化する。つまり、センサヘッド11（コイル）がワークWに近づくほど、コイルのQが低下し、共振電圧が小さくなる。

【0025】得られた共振電圧（高周波電圧）は検波回路13によって検波され、その振幅に対応する直流電圧が得られる。この直流電圧は、A/Dコンバータによってデジタル値に変換される。この直流電圧又はデジタル値が一次測定量に相当し、この一次測定量を下記に説明する変換テーブルにしたがって変換することにより、最終的な測定量である距離が得られる。変換テーブルの生成と、変換テーブルを用いた距離の算出はマイクロプロセッサ15が実行する。

【0026】メモリ16には、変換テーブルの生成に使用される元テーブルが記憶される。マイクロプロセッサ15が算出した最終的な測定量である距離は、例えば複数桁の7セグメントLEDで構成された表示器17に表示される。表示器17の代わりに、又は表示器17に加えて、外部機器への出力インターフェイスを渦電流式変位計10が備えてもよい。

【0027】つぎに、マイクロプロセッサ15が主として実行する変換テーブルの生成処理について説明する。マイクロプロセッサ15は、メモリ16に記憶された元テーブル（関係曲線）を利用して、電圧から距離への変換に用いる変換テーブルを生成する。

【0028】まず、代表的なセンサヘッドを用いて、距離と電圧との関係曲線を測定する。この測定は、通常は渦電流式変位計の製造者が出荷前の調整工程で行うことになる。例えば、センサヘッドと共に移動する可動ステージや隙間ゲージを用いて一定のピッチで距離を変化させ、それぞれの距離における電圧を測定し、距離と電圧との座標をプロットしていく。そして、センサヘッドを金属から十分に（例えば15cm程度以上）離して、センサヘッドのコイルが金属の影響を受けない開放状態での電圧を測定し、この電圧で上記の関係曲線を正規化する。つまり、各測定ポイントにおける電圧を開放状態で

の電圧で割る。

【0029】この結果、図2に示すような正規化された関係曲線が得られる。実際には、各測定ポイントを結ぶ折れ線グラフになる。このようにして得られた関係曲線を規定するテーブルが元テーブルとして、メモリ16に記憶される。例えば、正規化後の電圧である0～1の値をN等分し、各電圧と対応する距離との配列を元テーブルとする。なお、距離についても、従来技術の説明で参照した図8に示したように、最大測定距離(FS)で割ることにより正規化される。したがって、例えば図3に示すような元テーブルが得られる。

【0030】上記のような元テーブルがメモリ16に記憶されている渦電流式変位計を使用して距離の測定を行うに際し、使用者は、開放状態での電圧、測定範囲内の最小距離における電圧、最大距離における電圧、及び中間距離における電圧を測定する。このとき使用されるセンサヘッドは、当然のことながら、使用者が使用する渦電流式変位計のセンサヘッドであり、上記の元テーブルの生成に用いた製造者所有のセンサヘッドではない。最小距離は、例えばセンサヘッド11をワークWに密着させたときの距離ゼロを意味する。中間距離は、例えば最大距離(フルスケールFS)の2分の1(ハーフスケールHS)を意味する。

【0031】渦電流式変位計10のマイクロプロセッサ15は、開放状態での電圧を補正パラメータとしてメモリ16に記憶する。そして、測定範囲内の最小距離における電圧、最大距離における電圧、及び中間距離における電圧を補正パラメータで割って正規化した電圧VZ、電圧VF及び電圧VH(それぞれ、最小測定量、最大測定量及び中間測定量に相当する)を求める。

【0032】開放状態での電圧、すなわち、センサヘッドが金属から十分に離れ、センサヘッドのコイルが金属の影響を受けない状態での電圧は、主にセンサヘッドの自己インダクタンスによって決まると考えられる。したがって、上記のように、最小距離、最大距離及び中間距離の3点における測定電圧を開放状態での電圧(補正パラメータ)で正規化することにより、センサヘッドの特性ばらつきによる測定結果(電圧)の変動要素がワークの種類による測定結果の変動要素から分離されて除かれる。つぎにマイクロプロセッサ15は、上記の電圧VZ、電圧VF及び電圧VH(最小測定量、最大測定量及び中間測定量)を用いて、メモリ16に記憶された元テーブルを補正することにより、電圧から距離への変換に用いる変換テーブルを生成する。その手順を以下に説明する。

【0033】最初に、電圧VZ、電圧VF(最小測定量及び最大測定量)を用いて、元テーブルで規定される関係曲線(元曲線ということもある)の使用範囲(電圧範囲)を決める。この電圧範囲(VZ～VF)を例えばn等分し、各点の電圧と対応する距離との配列が新たな元

テーブルとなる。実際には、元テーブルのうちの使用範囲に相当する配列要素を抽出することによって、使用範囲に切り取られた新たな元テーブルが得られる。

【0034】つぎに、電圧VZに対応する距離が0(最小距離)になるように一定の補正量を元テーブルの各配列要素の距離データに加えるバイアス補正を行う。これに加えて、電圧VFに対応する距離がフルスケール(最大距離)FSとなるように比例配分で求めた補正量を各配列要素の距離データに加える比例補正を行う(図4参照)。なお、実際の演算では、バイアス補正と比例補正を同時に行ってもよい。

【0035】ここで、センサヘッドの特性ばらつき及びワークの種類による元テーブルからのずれ(変動要因)について再度考察する。センサヘッドの構造は従来技術の説明で図7を用いて述べた通りであり、主たる特性ばらつき要因として、コア73と銅線(コイル72)との磁気結合度のばらつき、及び、ケーシング71内でのコア73の収納位置のばらつきを挙げることができる。このうち、前者は電圧の振幅に直接関係すると考えられるが、この変動要因は、前述のように3点測定法で得られた電圧を開放状態での電圧(補正パラメータ)で正規化することによって打ち消される。また、後者の変動要因は、センサヘッドをワークWに密着させてコア73がワークに最も接近しているときの距離のばらつき(バイアス)と同等であり、上記の電圧VZに対応する距離が0になるように一定の補正量を元テーブルの各配列要素の距離データに加えるバイアス補正によって打ち消される(図5参照)。

【0036】つぎに、ワークの種類による変動(元テーブルからのずれ)は、ワーク(金属)の透磁率の違いによると考えられ、この変動要因は、上記の電圧VFに対応する距離がフルスケールFSとなるように比例配分で求めた補正量を各配列要素の距離データに加える比例補正によってほぼ打ち消すことができる。ワークの透磁率が異なれば、ワークからセンサヘッド(コイル)までの距離が同じであっても、コイルに及ぼす影響が変化するからである。つまり、透磁率が小さいワークはセンサヘッドのコイルに及ぼす影響(Qの低下)が小さく、これは、ワークとセンサヘッドとの距離が離れていることと等価である。したがって、関係曲線の傾きを補正することによって、この変動要因をほぼ打ち消すことができる。

【0037】しかし、ワークの種類による変動要因には、ワークの透磁率の違いだけでなく、その幾何学的形状やセンサヘッドとの位置関係も含まれている。このため、上記の関係曲線の傾き補正のみでは誤差を完全に無くすることができない。そこで、測定精度の更なる向上のために、中間距離における電圧を補正パラメータで正規化した電圧VHを用いて、つぎに説明する補正を行う。

【0038】図6に示すように、破線で描かれた関係曲線（元曲線）に対して上述の使用範囲決定、バイアス補正及び比例補正を施したことにより、実線で示す曲線が得られたとする。この場合、ハーフスケール（中間距離）HSに相当する電圧（中間測定量）VHにおいて、誤差Eが生じている。そこで、この誤差を最大誤差とし、中間測定量VHから離れて最小測定量VZ又は最大測定量VFに近づくにつれて最大誤差Eからゼロへ段階的に減少する補正量eを元テーブルの配列要素の距離データに加える処理を行う。

【0039】例えば、電圧vが中間測定量VHを（ゼロ）中心に最小測定量VZから最大測定量VFまで±1の範囲で変動する場合、次式で表される補正量eを元テーブルの配列要素の距離データに加える。

【0040】

$$e = E(v^3 - 1) \quad \cdots (0 \leq v \leq 1) \quad \text{又は}$$

【0041】

$$e = -E(v^3 + 1) \quad \cdots (-1 \leq v \leq 0)$$

【0042】渦電流式変位計のマイクロプロセッサ15は、このようにして得られたテーブルを最終的な変換テーブルとして使用し、一次測定量として得られる電圧から距離を求める。

【0043】なお、式（数1）で示すように、補正量eを三次関数にしたがって中間測定量VHから離れるほど小さくなる量として定義すれば、変換テーブルの各要素における誤差が小さくなることが分かった。但し、本発明はこれに限るわけではなく、三次関数以外の式で補正量eを定義してもよい。

【0044】また、上記の実施形態では、1つの元テーブルからセンサヘッドの特性ばらつき及びワーク（対象物）の種類の違いに応じたすべての場合の変換テーブルを生成するが、本発明はこの実施形態に限らず、ワークの種類に応じて複数の元テーブルを備えるように構成してもよい。ワークが特殊な金属（例えばアルミニウム、銅等）で作られている場合や特殊な形状を有する場合（例えば棒状のワーク、極めて薄い板状のワーク、あるいはセンサヘッドに比べてワークが小さい場合）等、1つの元テーブルだけでは精度の高い変換テーブルの生成に限界がある場合も想定されるからである。ワークの種類に応じて複数の元テーブルを備える構成においても、少なくとも同じワークであればセンサヘッドが異なっても1つの元テーブルから精度の高い変換テーブルを生成することができ、従来のように多数の変換テーブルを用意しておく必要はない。

【0045】その他にも、本発明は上記の実施形態を様

々に変形して、あるいは異なる形態で実施することができる。例えば、本発明は、一次測定量として共振電圧を検出する方式の渦電流式変位計に限らず、渦電流損による共振周波数の変化を一次測定量として検出する渦電流式変位計にも適用することができる。

【0046】

【発明の効果】以上に説明したように、本発明の渦電流式変位計及び距離測定方法によれば、センサヘッドのコイルが金属の影響を受けない状態にあるときの一次測定量である補正パラメータを用いてセンサヘッドの特性ばらつきによる変動要因を対象物の種類による変動要因から分離して変換テーブルを生成することができる。例えば、あらかじめ測定され記憶された元テーブルから、複数の既知の距離において検出した複数の一次測定量と上記の補正パラメータとを用いて、センサヘッドの特性ばらつき及び対象物の種類に応じた精度の高い変換テーブルを生成することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の実施形態に係る渦電流式変位計の構成を示すブロック図である。

【図2】元テーブルの生成処理における電圧と距離との関係曲線を示すグラフである。

【図3】生成された元テーブルを例示する図である。

【図4】元テーブルで規定される関係曲線を補正する過程を示すグラフである。

【図5】関係曲線の補正の原理を説明するためのグラフである。

【図6】元の関係曲線とこれを補正して得られた曲線との関係を示すグラフである。

【図7】従来の渦電流式変位計のセンサヘッドの断面等を示す図である。

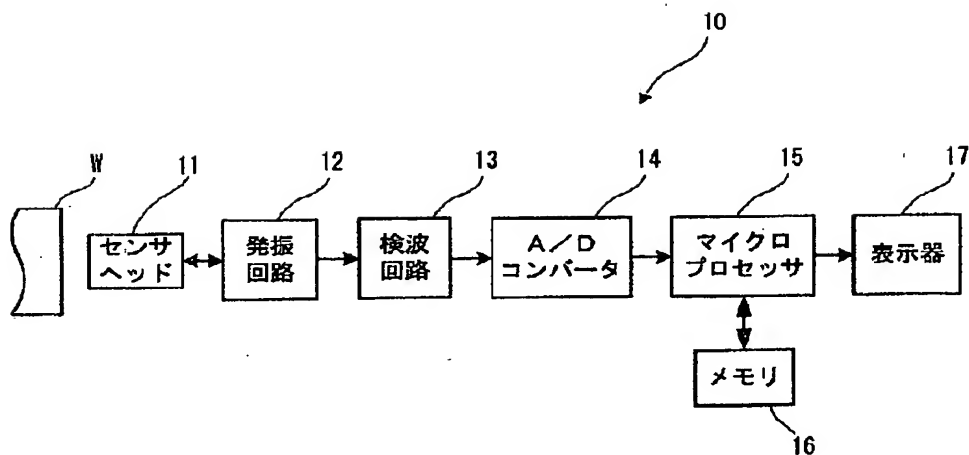
【図8】渦電流式変位計で得られる電圧と距離との関係を例示するグラフである。

【図9】従来例の渦電流式変位計の問題点を説明するためのグラフである。

【符号の説明】

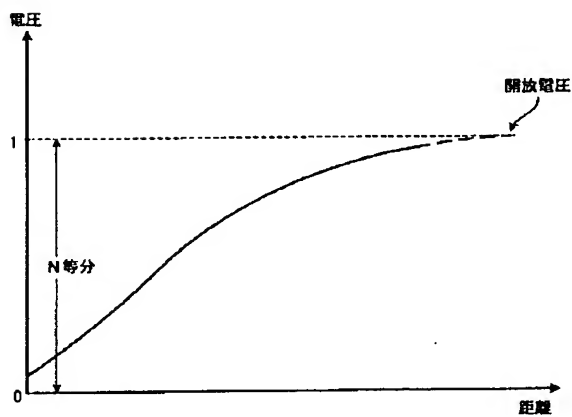
- 10 渦電流式変位計
- 11 センサヘッド
- 12 発振回路
- 13 検波回路
- 14 A/Dコンバータ
- 15 マイクロプロセッサ（変換テーブル生成手段）
- 16 メモリ（記憶手段）
- 17 表示器

【図1】



【図2】

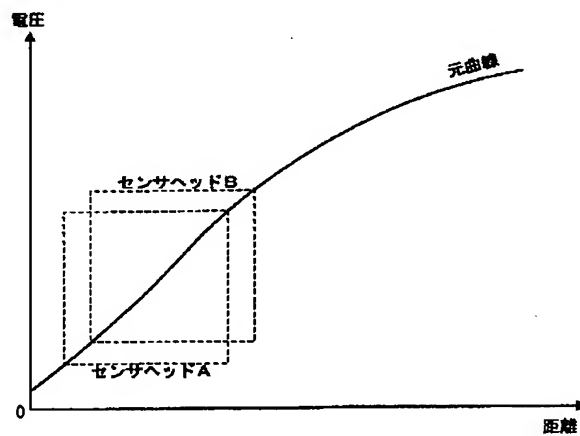
【図3】



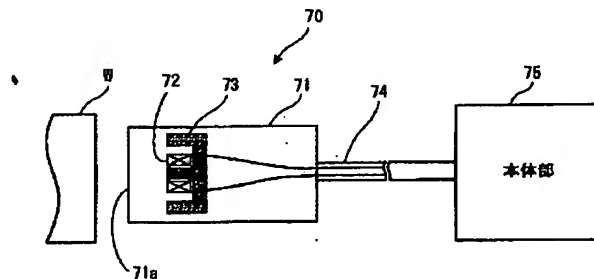
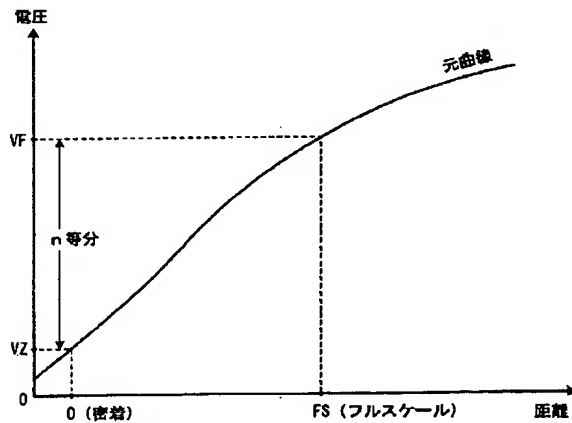
電圧	0	1/N	2/N		(N-1)/N	1
距離	D ₀	D ₁	D ₂		D _{N-1}	D _N

【図5】

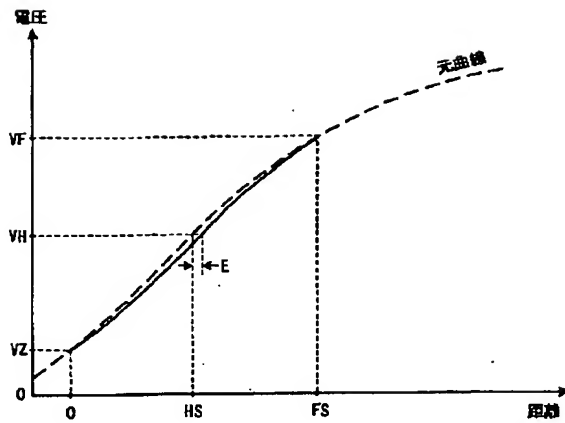
【図4】



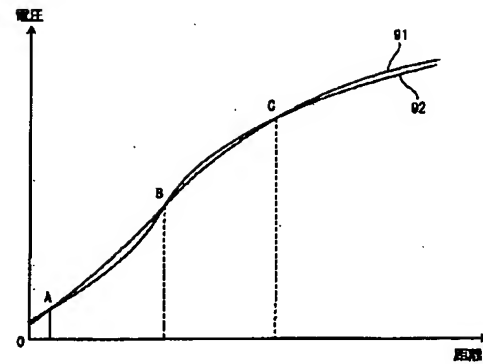
【図7】



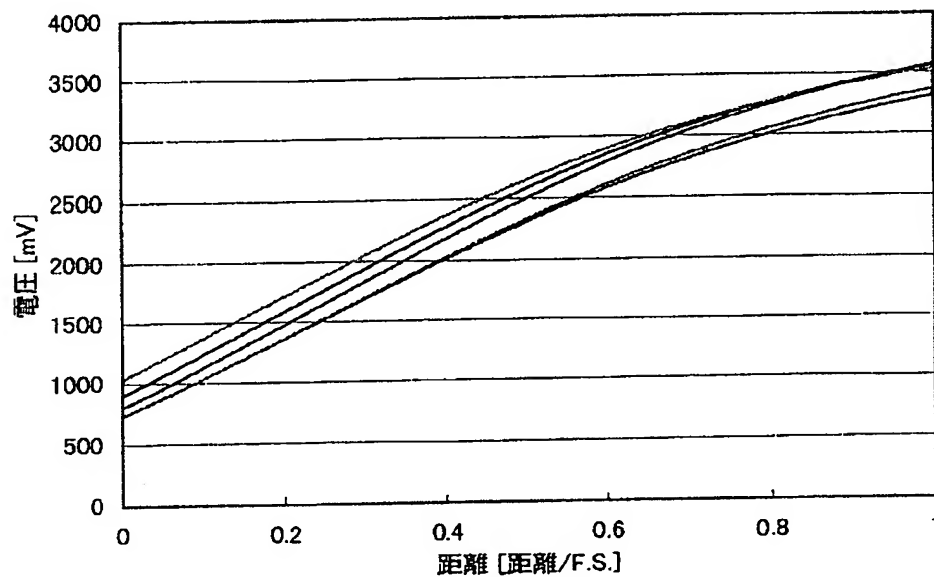
【図6】



【図9】



【図8】



フロントページの続き

Fターム(参考) 2F063 AA02 BB02 CA40 CB03 CB19
 DA01 DB04 DD02 EA20 GA08
 GA44 LA05 LA06 LA19 LA29
 LA30 MA03 MA04 NA02
 2F077 AA00 AA20 AA38 FF02 FF31
 TT07 TT58